

ANÁLISE DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DA PLANTA CADASTRAL URBANA GERADA A PARTIR DE IMAGEM AÉREA OBTIDA COM VANT

João Vitor Hübner de Lara (1), Fabiano Luiz Neris (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)joaovitorlara8@gmail.com (2)fln@unesc.net

RESUMO

O CTM (Cadastro Técnico Multifinalitário) tem evoluído constantemente através de tecnologias que permitem a obtenção, compartilhamento e integração de dados. Com a recente comercialização de VANTs (Veículo Aéreo Não Tripulado) e uso tradicional de técnicas de aerofotogrametria, observa-se o potencial desta nova ferramenta para geração de plantas cadastrais com custo mais acessível e maior facilidade de processamento de dados. Neste sentido, este trabalho visa avaliar a qualidade geométrica da planta cadastral urbana a partir de imagem aérea obtida com VANT conforme legislação do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica), comparando com levantamento topográfico utilizando GNSS (Global Navigation Satellite System) RTK (Real Time Kinematic). Ainda, avaliou-se a coerência entre o planejamento de voo e os dados obtidos. Assim, foi determinada uma área de estudo no município de Balneário Rincão/SC, e efetuada a coleta dos dados empregando ambas tecnologias, resultando na elaboração de duas plantas cadastrais independentes. Para análise de dados foi realizada uma comparação das coordenadas de alguns pontos contíguos de testadas de lotes, não projetados, ambos identificados com levantamento topográfico e determinado conforme vetorização digital a partir do mosaico georreferenciado obtido da imagem aérea. Verificou-se ainda a distância obtida com pontos de faces de quadra e a distância entre pontos homólogos identificados no levantamento com VANT. Segundo critérios do PEC, o levantamento com VANT, apoiado em pontos de controle terrestre enquadra-se na classe A para escala 1:1000. O relatório de processamento revela o GSD (Ground Sample Distance) alcançado conforme estabelecido no plano de voo. Finalmente, entende-se que o levantamento realizado com VANT e com pontos de controle é efetivo para a escala 1:1000 e aplicável ao CTM.

Palavras-Chave: VANT, Precisão, Ortoimagem, Cadastro Urbano

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de entender a ocupação do território não é uma preocupação recente. Há relatos que remontam a época romana, assim como da era napoleônica que descrevem o interesse no uso do solo. “A elaboração dos primeiros mapas cadastrais partiu da necessidade de conhecer os limites físicos das propriedades, sua capacidade de produção e importância econômica, sua localização, forma, e

dimensões, visando à determinação do seu valor para a tributação de impostos” (Loch & Erba, 2007).

Larsson apud Pereira (2009, p. 20) define que “o cadastro seja uma descrição sistemática das unidades territoriais dentro de uma área. Esta descrição sistemática das unidades territoriais é via de regra, feita por mapas que identificam a locação e limites de cada unidade e seus registros, que em geral contém um número de identificação e a área da unidade e em alguns casos, o uso do solo”.

O cadastro territorial se tornou mais complexo, devido as novas exigências que o crescimento populacional e a concentração em áreas urbanas causaram. Para Erba (2005, p. 18):

“Ao criarem os sistemas de registro de títulos, os legisladores, os administradores e os técnicos perceberam que o cadastro tinha uma função muito mais relevante do que realmente se pensava e que extrapolava as questões econômicas e físicas. Passaram então a organizá-lo como complemento dos Registros de Imóveis, constituindo assim o denominado Cadastro Jurídico”.

A importância do sistema cadastral se tornou mais evidente a medida que os registros de imóveis passaram a comportar informações geométricas, econômicas, jurídicas e sociais em uma mesma base de dados, servindo como uma fonte essencial para o controle das parcelas territoriais, em nível nacional, estadual e municipal. Esta atuação, portanto, contribui com a definição da função social da propriedade, uma vez que passa a proteger o seu direito privado e também a disciplinar o uso e ocupação do solo.

O CTM surge com o propósito de fornecer e integrar as informações do território de modo a ressaltar as potencialidades e restrições para a sua ocupação.

Bonilla (2012, p. 2) entende que:

“Para que um cadastro seja realmente multifinalitário é necessário integrar as instituições que trabalham no nível de parcela ou imóvel. Desta forma, para que o cadastro multifinalitário atenda a todos, ou a alguns desses objetivos, é necessário considerar aspectos administrativos (que promovam a integração entre instituições), legais (que proporcionem um marco jurídico para as ações cadastrais) e técnicas (para o adequado aproveitamento das geotecnologias disponíveis).”

Para a obtenção de informações confiáveis sobre a geometria das propriedades territoriais faz necessário o uso de tecnologia que permita a aquisição de dados com a qualidade mínima admitida para a correta identificação e medição do terreno e suas benfeitorias, além de um mesmo sistema de referência que possa vincular todas as informações que caracterizam a parcela. Para isso, utiliza-se a

Aerofotogrametria, a Topografia e a Geodésia como fonte de dados para a construção do CTM. Para tanto, há definições normativas quanto aos métodos de levantamento e qualidade final do produto cartográfico cadastral, conforme decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, NBR 13.133 e NBR 14.166.

Para Zaidan (2009, p. 8) “a aerofotogrametria é uma técnica que tem como objetivo elaborar mapas mediante fotografias aéreas tomadas com câmeras aerotransportadas”. A aerofotogrametria é um método de coleta de dados tradicional e amplamente utilizado para o mapeamento do cadastro territorial, pois permite a geração de imagens aéreas de alta resolução espacial, tornando possível a medição das parcelas de forma remota e com precisão adequada. Entretanto, levantamentos aerofotogramétricos convencionais geralmente envolvem alto custo e dificultam a obtenção de dados para áreas pequenas.

A partir da busca por novas tecnologias, encontrou-se nos VANT's uma alternativa para a obtenção de imagens aéreas com custo mais acessível e um tempo menor para a aquisição e processamento dos dados.

O produto final gerado por VANT's é o chamado mosaico georreferenciado, construído a partir da união das fotos obtidas. Segundo Alves Jr. et al (2015) apud Júnior & Cortês & Ferreira apud, no entanto, “apesar de estarem equipados com receptores de sinais GNSS, os VANT's não são capazes de realizar um voo em trajetória retilínea, ou mesmo manter a altitude de voo de forma precisa”.

Neste sentido, este trabalho visa avaliar a qualidade geométrica da planta cadastral urbana gerada a partir da coleta de imagem aérea de alta resolução obtida com VANT aplicada ao CTM, através da comparação dos dados obtidos com levantamento topográfico convencional. Contribuindo para isso, os objetivos específicos são: a) avaliar a utilização das imagens para o Cadastro Técnico Multifinalitário; b) utilizar programas de computador para o processamento de imagens aéreas; c) classificar a precisão do produto de fotointerpretação das imagens obtidas por VANT conforme a legislação cartográfica (PEC) e comparação com levantamentos tradicionais; d) avaliar a coerência entre o GSD estabelecido no planejamento de voo e o obtido pós processamento.

2 MATEIRAIS E MÉTODOS

1. MATERIAIS

Para a análise da qualidade geométrica das plantas cadastrais, alguns materiais de apoio são essenciais para a coleta de dados em campo, como a planta de referência cadastral do município e a monografia do marco geodésico. Estes itens, respectivamente, fornecem informações sobre o cadastro técnico urbano e as coordenadas conhecidas que servem como base para o rastreamento com o sistema de posicionamento GNSS, fornecendo dados confiáveis para o levantamento. Os materiais utilizados são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Descrição dos materiais a serem utilizados referentes à área de estudo em Balneário Rincão, SC

Tipo	Elaboração		Referência Espacial	Escala	Formato	Fonte
	Autor	Ano				
Planta de Referência Cadastral	Ecosfera Engenharia	2016	SIRGAS 2000	1/1.000	.shp	Prefeitura Municipal de Balneário Rincão
Monografia de Vértice de Apoio	GEOPROCSUL Engenharia	2014	SIRGAS 2000	-	.pdf	Prefeitura Municipal de Balneário Rincão
VANT	Lara, João Vitor Hübner	2017	WGS 84	-	-	Do Autor
RTK	Lara, João Vitor Hübner	2017	SIRGAS 2000	-	.dwg	Do Autor
Pix4D Mapper Pro 4.1.10	Pix4D SA	2017	-	-	-	Pix4D SA
Mosaico georreferenciado	Lara, João Vitor Hübner	2017	SIRGAS 2000	-	.jpeg	Do Autor

Fonte: Do Autor, 2017.

O potencial e crescente uso dos VANT's com fins recreativos e não recreativos no país, fez com que órgãos como ANAC (Agência Nacional da Aviação Civil) e DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) tivessem a necessidade de classificar e regulamentar o uso de VANT's. Atualmente, as legislações DECEA ICA-100-40 e ANAC RBAC-E nº 94/2017 funcionam de forma complementar. A classificação dos VANT's ou RPA's (Aeronave Remotamente Pilotada) como a RBAC-E nº 94/2017

define, é realizada conforme a massa da aeronave, altitude dos voos e avaliação se durante os voos é possível ou não, pelo piloto ou por um observador manter a linha de visada sobre a aeronave durante todo o voo. O Quadro 2 mostra o resumo da legislação em vigência.

Quadro 2: Resumo da legislação RBAC-E nº 94/2017

Resumo da Regulamentação da ANAC				
	RPA Classe 1	RPA Classe 2	RPA Classe 3	Aeromodelos
Registro da aeronave?	Sim	Sim	BVLOS: Sim VLOS: Sim ¹	Sim ¹
Aprovação ou autorização do projeto?	Sim	Sim ²	Apenas BVLOS ou acima de 400 pés ²	Não
Limite de idade para operação?	Sim	Sim	Sim	Não
Certificado médico?	Sim	Sim	Não	Não
Licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas para operações acima de 400 pés	Apenas para operações acima de 400 pés

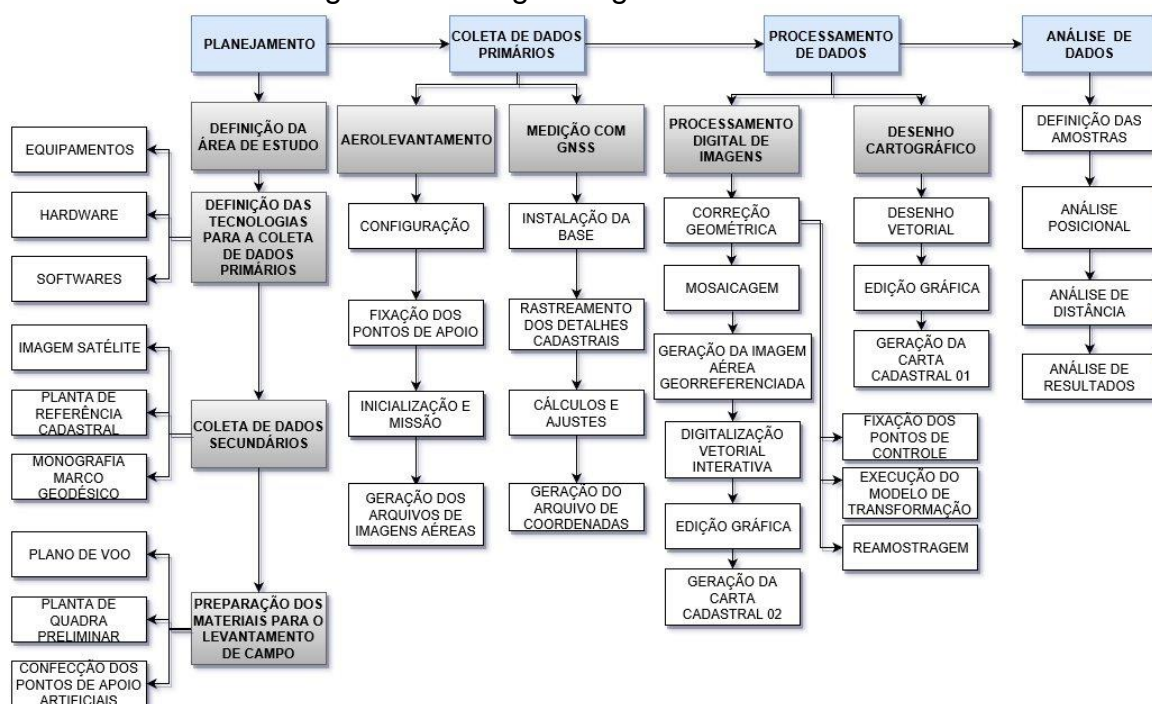
Fonte: ANAC, 2017.

A classificação do VANT utilizado neste trabalho é RPA de classe 3, acima de 250 gramas, em voos BVLOS, que são voos sem linha de visada sobre a aeronave durante algum período do voo. Como o voo do trabalho determina altura de 115 metros, conforme a Figura 1 mostra, não é necessária aprovação do plano de voo nem licença de aeronavegabilidade e habilitação do órgão regulador. Contudo, os VANT's devem ser registrados no sistema SISVANT (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas). O Anexo A mostra o cadastro do VANT deste trabalho.

2. MÉTODOS

A metodologia do trabalho compreende quatro etapas fundamentais: planejamento, coleta de dados primários, processamento de dados e análise de dados. As atividades e as etapas deste trabalho encontram-se na forma de fluxograma na Figura 1.

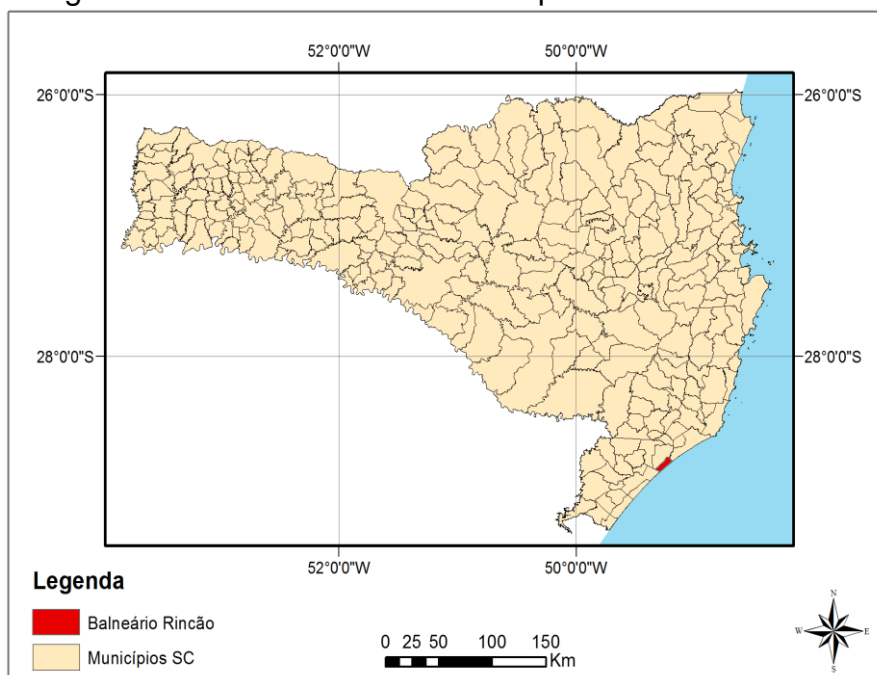
Figura 1: Fluxograma geral de atividades



Fonte: Do Autor, 2017.

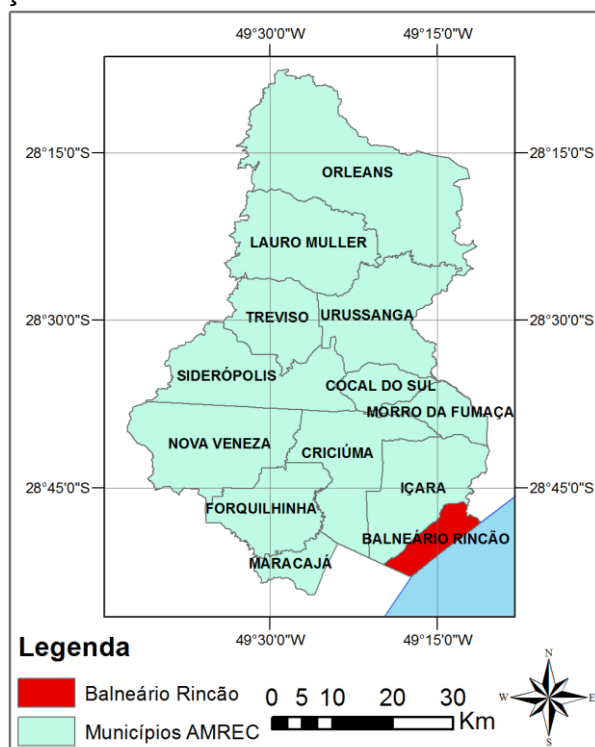
O planejamento contempla a definição da área de estudo e na escolha das tecnologias e procedimentos empregados para a coleta e processamento dos dados. A área de estudo definida localiza-se no município de Balneário Rincão, que é uma estância de veraneio localizado no sul do estado de Santa Catarina, com área de 45 km² e população de 12 mil habitantes, chegando a cerca de 200 mil habitantes no verão. O cadastro técnico urbano do município possui um total de 24.000 imóveis. A área de estudo abrange 06 quadras e 57 lotes urbanos. As Figuras 2 e 3 situam o município escolhido no estado de Santa Catarina e na região da AMREC (Associação dos Municípios da Região Carbonífera).

Figura 2: Área de estudo no município de Balneário Rincão



Fonte: Do Autor, 2017.

Figura 3: Localização da área de estudo no bairro centro de Balneário Rincão



Fonte: Do Autor, 2017.

O levantamento de dados a campo foi realizado com medição topográfica convencional via satélites GNSS com o aparelho JAVAD TRIUMPH-1, conforme Figura 4.

Figura 4: RTK convencional modelo TRIUMPH-1 marca JAVAD



Fonte: <https://www.javad.com/ignss/products/receivers/triumph-1.html>

Foi utilizado como base para o levantamento, os dados do vértice VG 04A da Rede de Referência Cadastral Municipal. Utiliza-se o GNSS porque é um método que permite a localização de um ponto em qualquer parte do globo terrestre, e engloba os sistemas de navegação atualmente disponíveis: GPS (Global Positioning System) e GLONASS (Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistema). A precisão esperada com este equipamento, conforme dados do fabricante no modo Estático e Estático Rápido é de 3mm na horizontal e 5mm na vertical.

Para a aquisição dos dados e imagens, utilizou-se o VANT Phantom 3 Professional (Figura 5) da marca DJI Innovattions, que é “equipado com uma bateria de 4.480 mAh, com autonomia de aproximadamente 23 minutos. Possui uma câmera de sensor fixo Sony EXMOR de 1/2,3 polegadas com 12,4 MP de resolução, que faz par com uma lente de abertura de 3,61 milímetros. A velocidade do obturador é de 1/8.000 de segundo, garantindo a captura de imagens “congeladas” até mesmo em objetos em movimento” (Cunha, et al., 2015).

Figura 5: VANT utilizado para levantamento e a localização das tomadas das fotos verticais



Fonte: <http://www.dji.com/phantom-3-pro>

Na etapa de coleta de dados primários efetuou-se o levantamento da área de estudo com um receptor GNSS RTK, no qual se obtém o posicionamento relativo cinemático em tempo real, e que permite ao operador obter informações, diretamente no campo, sem a necessidade de pós-processamento. Com apoio da monografia de vértice de apoio conhecido VG 04A, o equipamento foi instalado na base, definindo suas coordenadas, e seu elipsoide de referência, SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Com o equipamento devidamente configurado, iniciou-se o rastreamento de detalhes planimétricos, com apoio da planta cadastral de referência e de um croqui da área obtido por imagem do Google Earth para situação e anotações de campo. Assim foram obtidas as coordenadas dos pontos topográficos dos vértices dos lotes e dos alinhamentos dos logradouros. Após o levantamento de campo, os dados obtidos foram transferidos ao computador na forma de coordenadas.

Após o levantamento com o sistema GNSS RTK, realizou-se a execução do aerolevanteamento com o VANT para a obtenção das imagens aéreas. Antes do voo, foram levantados via RTK, conforme mesmo procedimento adotado e já descrito, os pontos de apoio naturais, que aparecem nitidamente na imagem aérea, e os pontos de apoio artificiais, que confeccionados e distribuídos estrategicamente antes do voo, apareceriam nas imagens. A Figura 6 mostra o modelo de alvos adotado para este trabalho.

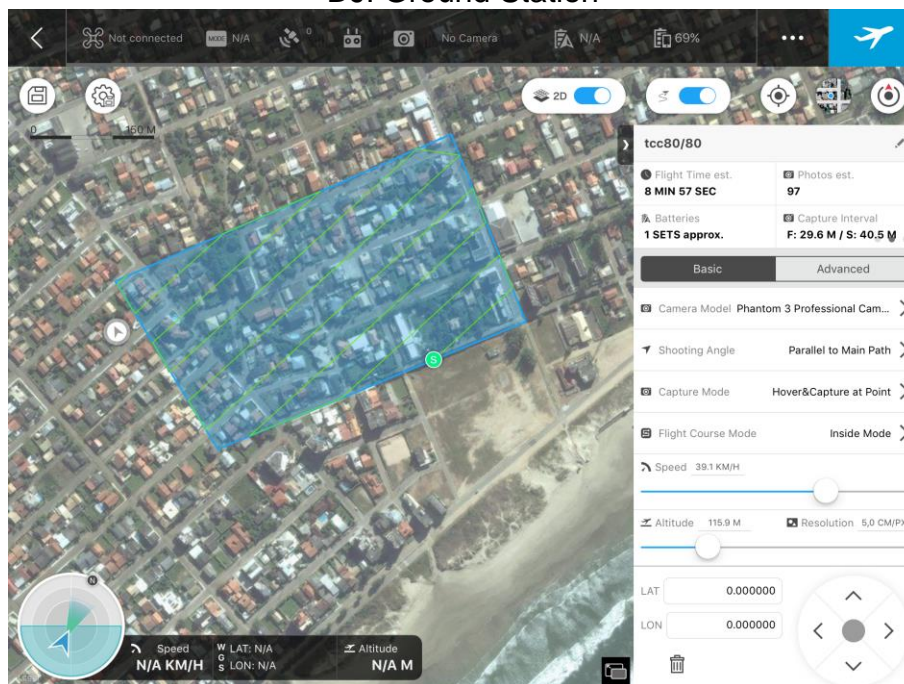
Figura 6: Pontos de controle artificiais utilizados para identificações dos pontos no aerolevanteamento



Fonte: Do Autor, 2017.

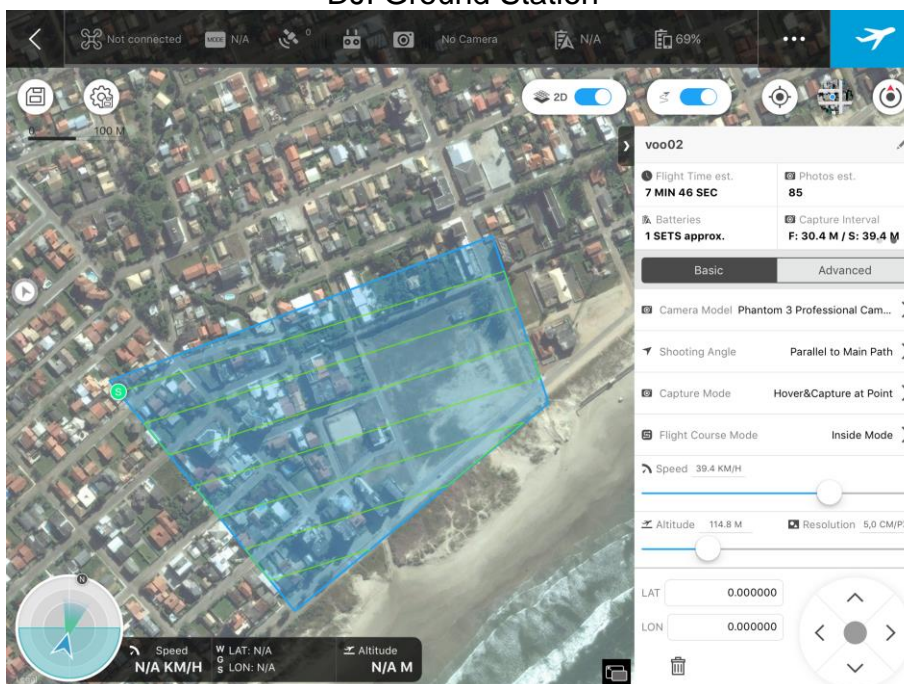
Os planos de voo foram feitos através do aplicativo para dispositivos móveis da DJI Innovations, DJI Ground Station. Foram realizados dois voos, entre as 11:00 e 14:00 horas, que seguem apresentados nas Figuras 7 e 8, por restrição de autonomia de voo e também com intuito de manter a área de interesse bem no centro do mosaico, uma vez que é recorrente distorções nas bordas do mesmo. As sobreposições lateral e longitudinal utilizadas neste trabalho foram de 80%. O GSD planejado foi de 5,0 centímetros. Com as definições de voo configuradas, o software mostra como será o caminho percorrido pelo VANT e as precisões esperadas, como mostram as Figuras 7 e 8.

Figura 7: Planejamento do primeiro voo e precisões esperadas através do software DJI Ground Station



Fonte: Do Autor, 2017.

Figura 8: Planejamento do segundo voo e precisões esperadas através do software DJI Ground Station



Fonte: Do Autor, 2017.

Configurado o VANT, e carregado o plano de voo, é efetuada a cobertura fotogramétrica. A missão foi semi-automática, sendo acompanhada a tomada das imagens pelo piloto. Após o voo, as imagens obtidas do VANT foram baixadas em

formato jpeg. A Figura 9 mostra os 28 pontos de controle e as 270 imagens obtidas após o levantamento aéreo.

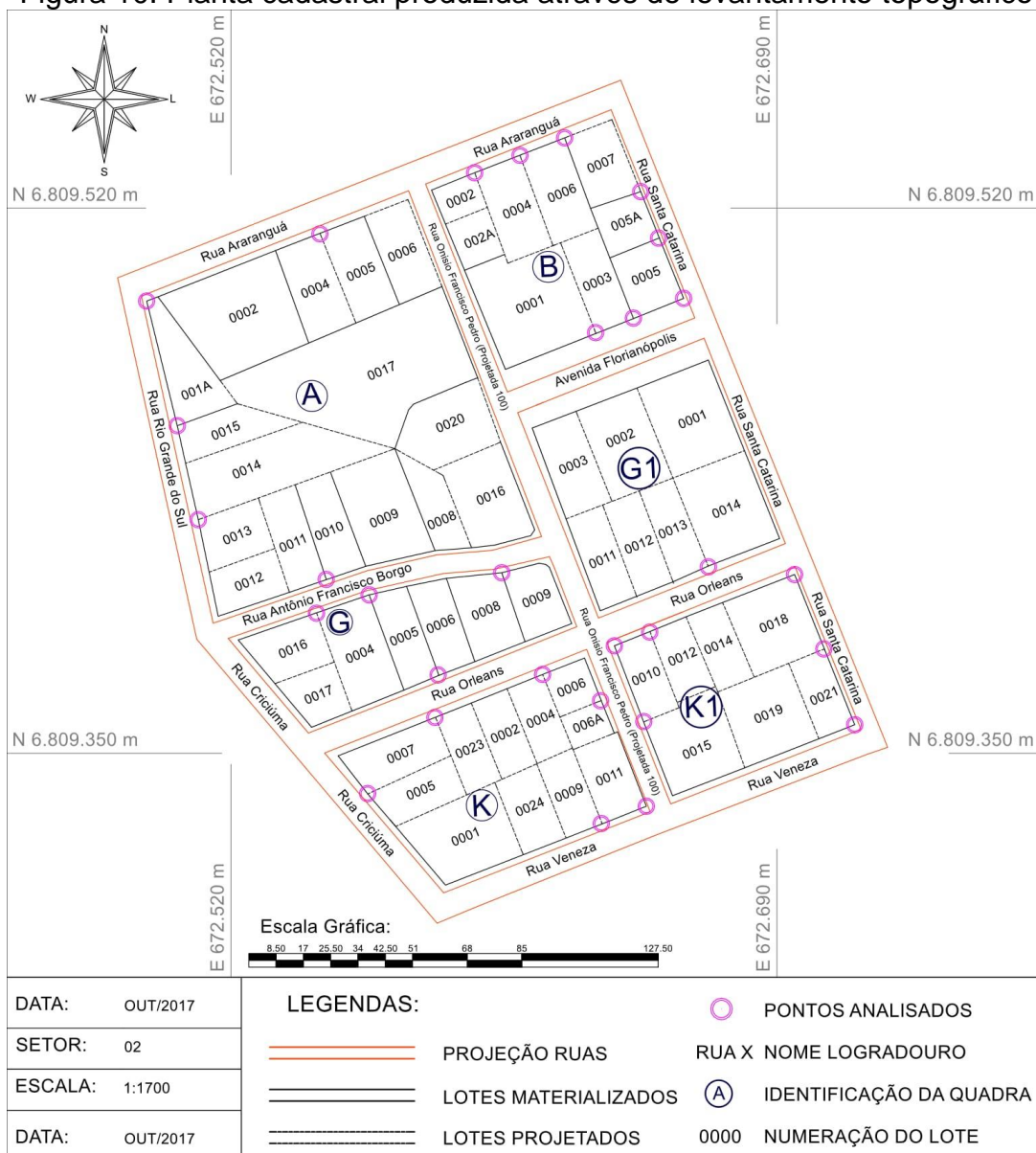
Figura 9: Carregamento das imagens e pontos de controle ao software Pix4D



Fonte: Do Autor, 2017.

Após a coleta, realizou-se o processamento dos dados para a elaboração das duas plantas cadastrais. A partir dos pontos já obtidos através do levantamento topográfico, efetuou-se o desenho cartográfico dos alinhamentos dos logradouros e dos limites dos lotes. Para o último, utilizaram-se pontos coletados nos vértices das testadas dos lotes e, para o desenho dos lados e fundos dos lotes foram utilizadas medidas retiradas das plantas de quadra referência, obtidas na prefeitura. Os desenhos de limites de lotes obtidos em dados secundários foram representados com linhas tracejadas nas plantas cadastrais. Formados os lotes e quadras, a planta cadastral passou por uma breve edição gráfica, que compreende a inserção de textos e códigos dos lotes, quadra, nome de ruas, medidas obtidas, projeção do norte e convenções cartográficas. A planta quadra obtida através do levantamento topográfico segue na Figura 10.

Figura 10: Planta cadastral produzida através de levantamento topográfico

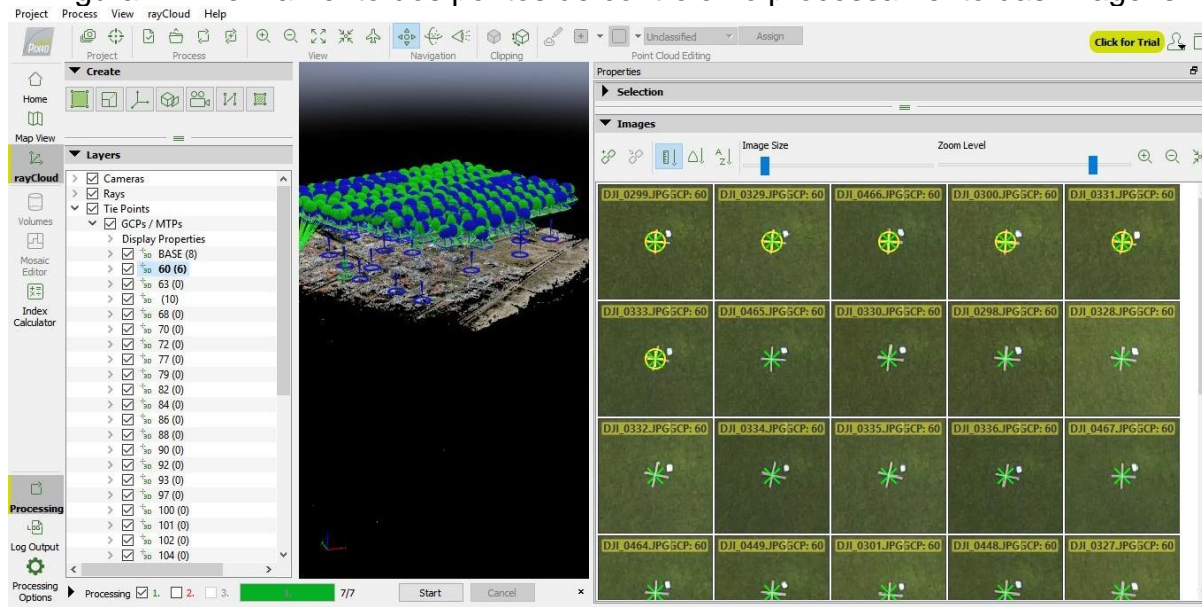


Fonte: Do Autor, 2017.

O procedimento para elaboração da planta cadastral através do aerolevanteamento inicia com a geração do mosaico georreferenciado através do software Pix4D. O processamento das imagens tem sequenciamento já definido pelo programa. Identifica-se o sistema de coordenadas utilizado, importam-se as imagens, e inicia-se a construção do modelo. Para isso, é realizada a importação dos pontos de controle (artificiais e naturais) utilizados, e refinamento destes. A Figura 11, mostra o procedimento. Os círculos amarelos nas seis primeiras fotos mostram a identificação da localização do ponto nas fotos, atribuída pelo operador. Uma vez que este local é identificado, lhe é atribuído a coordenada inserida anteriormente (obtida pelo rastreamento via RTK), de modo que o algoritmo assume a coordenada e ajusta as

demais fotos para a mesma posição, como mostram as imagens seguintes, para o mesmo ponto de controle, sem necessidade do operador identificar.

Figura 11: Refinamento dos pontos de controle no processamento das imagens



Fonte: Do Autor, 2017.

Todos os pontos de controle que não são identificados nitidamente devem ser excluídos do processamento, visto que podem propagar um erro no mosaico por imprecisão. Neste trabalho, 02 dos 28 pontos de controle não foram utilizados. Uma vez que os pontos de controle estão refinados e identificados, ocorre de fato a construção do modelo digital de superfície do terreno e a obtenção do mosaico georreferenciado, conforme Figura 12.

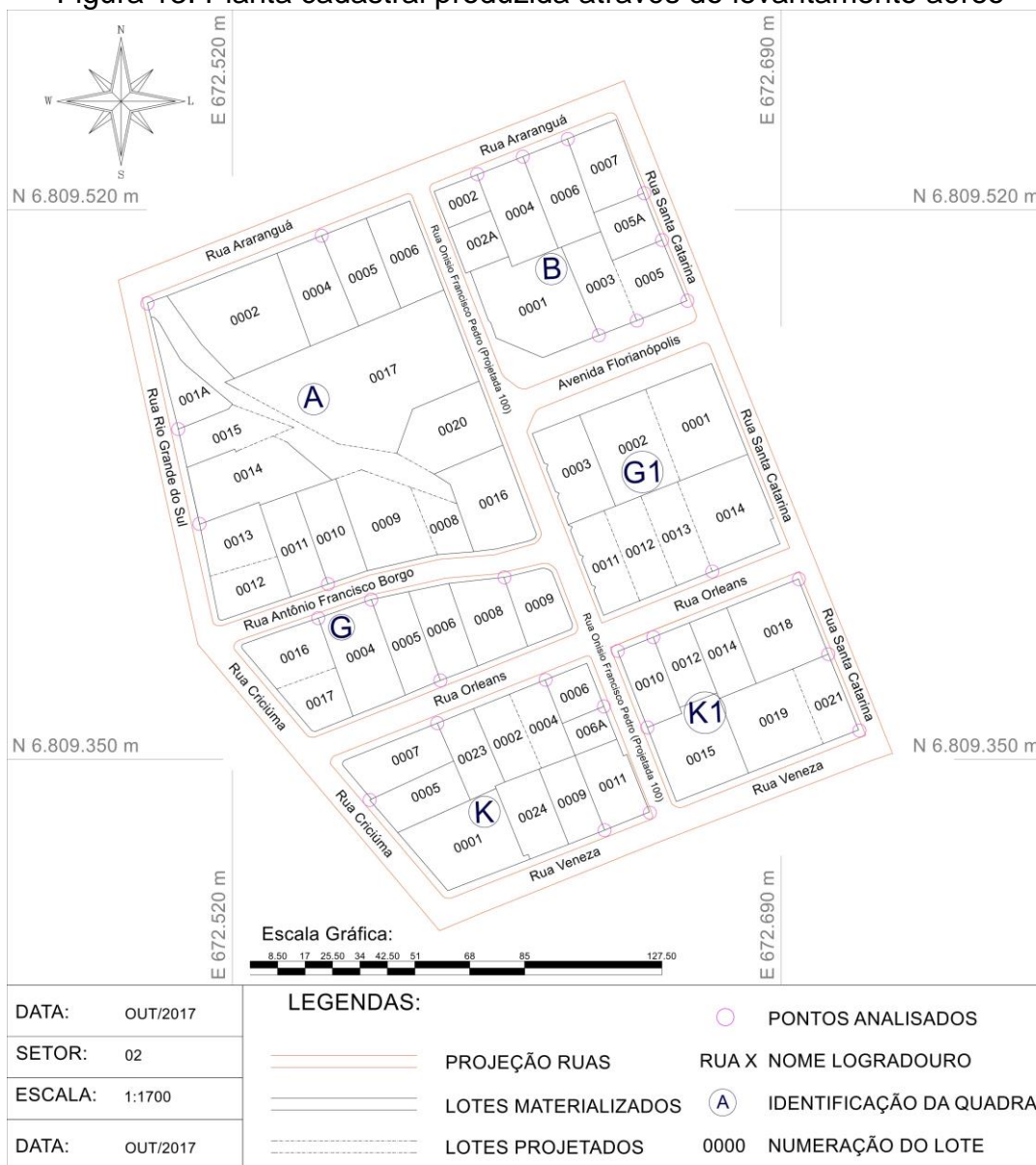
Figura 12: Mosaico georreferenciado obtido pelo programa de processamento Pix4D



Fonte: Do Autor, 2017.

Com o mosaico georreferenciado, foram desenhados os alinhamentos dos logradouros e os limites dos lotes a partir de pontos de vértices fotoidentificáveis na imagem, em locais materializados. Para o desenho dos pontos não identificáveis na foto foram utilizadas medidas nas plantas de quadra obtidas na prefeitura. Os desenhos de limites de lotes obtidos em dados secundários foram representados com linhas tracejadas nas plantas cadastrais. Com os lotes e quadras formados, realizou-se a edição gráfica, etapa que visa identificar estes polígonos com textos e códigos dos lotes, quadra, nomes das ruas, projeção do norte e convenções cartográficas. O resultado do processo é a planta quadra mostrada na Figura 13.

Figura 13: Planta cadastral produzida através do levantamento aéreo



Fonte: Do Autor, 2017.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A construção de uma planta cadastral é baseada nos pontos obtidos de alinhamentos e confrontações dos imóveis e logradouros. Por isso, é essencial uma correta identificação e medição dos pontos limite dos lotes urbanos. Quanto a precisão dos equipamentos, cada ferramenta proporciona um grau de precisão baseado no seu sistema de localização e ajustamento. Logo, há também um grau de imprecisão nas medidas obtidas e que, caso forem excessivas, irão propagar o erro em toda a planta cadastral.

A principal ferramenta computacional utilizada no presente trabalho é de código fechado (Pix4D Mapper Pro, versão 4.1.10 do ano de 2017) e possui um fluxo de trabalho semiautomático, compreendendo: introdução das imagens, sistema de referência das imagens, aerotriangulação, importação dos pontos de controle, geração do modelo digital de superfície e mosaico georreferenciado. O relatório de processamento confirma o GSD obtido de 4,97 centímetros, 270 imagens utilizadas, e 26 pontos de controle. A precisão de ajustamento geométrico da imagem obtida no relatório, demonstra um erro quadrático médio de 3,9 centímetros no Este e 4,8 centímetros no Norte, conferindo qualidade de precisão abaixo de um pixel (5,0 centímetros) planejado. Para este trabalho, a referência de precisão dos dados obtidos em campo é o RMS (Erro Médio Quadrático), que segue resumido na Tabela 1.

Tabela 1: Resultado obtidos de RMS para os levantamentos RTK e VANT

Levantamento	RMS E (cm)	RMS N (cm)
RTK	1.55	1.68
VANT	3.9	4.8

Fonte: Do Autor, 2017.

O presente trabalho avaliou a qualidade do produto final das plantas cadastrais através da análise das coordenadas e da distância entre alguns pontos da planta cadastral do levantamento VANT com os pontos homólogos da planta cadastral do levantamento GNSS, classificando-os conforme o decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, o PEC. Este tem por objetivo assegurar a exatidão posicional dos produtos cartográficos, definindo limites de erro padrão para as coordenadas dos pontos de uma carta. A Tabela 2 demonstra um resumo dos limites definidos pelo PEC.

Tabela 2: Limites definidos pelo Padrão de Exatidão Cartográfica

Carta	PEC Planimétrico	Erro Padrão
Classe A	0.5 mm x Escala	0.3 mm x Escala
Classe B	0.8 mm x Escala	0.5 mm x Escala
Classe C	1.0 mm x Escala	0.6 mm x Escala

Fonte: Do Autor, 2017.

Conforme o Decreto nº 89.817 (1984, art. nº 8) “noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico – estabelecido”.

Segundo OLIVEIRA (2010, p. 38) “as escalas prioritárias adotadas no Brasil para a geração da cartografia cadastral urbana são: 1:2.000, 1:1.000 e 1:500”. Para amostragem, os pontos selecionados foram aqueles que estão em testadas dos lotes. Optou-se por não se utilizar pontos projetados obtidos com auxílio da planta de referência cadastral da prefeitura, mas somente pontos identificados por ambos levantamentos. Outro critério definido foi a utilização de vértices contíguos. A nomenclatura dos pontos é dada com a letra da quadra correspondente, e os lotes em que se faz limite de confrontação. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos:

Tabela 3: Análise Posicional das coordenadas das amostras obtidas em SIRGAS 2000.

Ponto	GPS		VANT		ΔE (m)	ΔN (m)
	E	N	E	N		
A-0004-0005	672547.6680	6809512.1710	672547.6535	6809512.0029	0.014	0.168
A-0010-0011	672549.6640	6809404.1650	672549.6187	6809404.2334	0.045	-0.068
A-001A-0015	672503.2420	6809452.1570	672503.2323	6809452.1898	0.010	-0.033
G-0004-0016	672546.5940	6809393.8190	672546.5948	6809393.7112	-0.001	0.108
G-0005-0006	672584.7110	6809374.3120	672584.4375	6809374.4348	0.274	-0.123
K-0007-0023	672583.6300	6809361.2330	672583.4765	6809361.2124	0.154	0.021
K-0006-006A	672635.2610	6809366.4650	672635.0585	6809366.3909	0.203	0.074
K-0009-0011	672635.5780	6809327.9930	672635.2910	6809328.1040	0.287	-0.111
K-0005-0007	672562.5520	6809337.3260	672562.5235	6809337.4432	0.029	-0.117
K1-0010-0012	672650.4310	6809387.9750	672650.3695	6809387.8103	0.061	0.165
K1-0018-0021	672704.7510	6809382.5510	672704.5834	6809382.5737	0.168	-0.023
K1-0010-0015	672648.4690	6809359.7890	672648.5252	6809359.8925	-0.056	-0.104
G1-0013-0014	672668.5610	6809408.3960	672668.6434	6809408.1479	-0.082	0.248
B-0004-0006	672609.9360	6809536.5240	672609.9754	6809536.4760	-0.039	0.048
B-005A-0005	672653.3540	6809510.7240	672653.0978	6809510.6676	0.256	0.056
B-0003-0005	672645.3000	6809485.5780	672645.2713	6809485.7413	0.029	-0.163
B-0001-0003	672633.6140	6809480.9390	672633.5080	6809481.1870	0.106	-0.248

Fonte: Do Autor, 2017.

Os dados da Tabela 3 mostram um erro médio quadrático amostral de 0,118 para a coordenada Este e de 0,134 para a coordenada Norte. A maior diferença obtida foi 0,287 metros e a menor de 0,001 metros.

Para análise de distância entre pontos homólogos dos levantamentos VANT e RTK, optou-se por escolher pontos que constituem as faces de quadras em que ambos cantos foram levantados por GPS e também foram identificados no mosaico georreferenciado. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos.

Tabela 4: Limites definidos pelo Padrão de Exatidão Cartográfica

Ponto A	Ponto B	GPS	VANT	Δ (m)
		Distância (m)	Distância (m)	
A-001A-0002	A-0005-0006	72.73	72.68	0.05
A-0013-0014	A-001A-0002	70.07	70.31	-0.24
G-0004-0005	G-0008-0009	40.61	40.77	-0.16
K-0007-0023	K-0004-0006	35.96	35.93	0.03
K-0006-006A	K-0011	35.84	35.75	0.09
K1-0010	K1-0018	60.36	60.32	0.04
K1-0018	K1-0021	50.45	50.26	0.19
B-0002-0004	B-0006-0007	30.05	30.06	0.01
B-0007-005A	B-0005	35.86	35.85	0.01

Fonte: Do Autor, 2017.

Esta análise complementar da planta cadastral, demonstra que a as medidas obtidas mantiveram a diferença posicional analisada na Tabela 3. Logo, não se verifica um erro sistemático de posição ou na direção dos alinhamentos gerados. A maior diferença encontrada foi de 0,24 metros e a menor diferença de 0,01 metro, obtido em duas amostras.

4. CONCLUSÕES

A utilização de um VANT multirrotor mostrou-se eficiente para a captura de imagens, capturando 270 imagens para a área total coberta de 34,45 hectares, não obtendo nenhuma imagem trêmula que precisasse ser descartada do processamento, mesmo com incidência de vento contrário ao sentido da missão de voo. No entanto, a autonomia de voo, em torno de 17 minutos, é um fator limitante podendo variar com a ação do vento. Modelos mais novos já estão incrementando tempo de autonomia, o que potencializa a produtividade do levantamento.

O Software Pix4D tem estado entre os principais programas de processamento para imagens obtidas de VANT's. O fluxo de trabalho intuitivo torna a ferramenta de fácil manuseio e a exibição do relatório de processamento, não presente em todos os softwares da categoria, expõe índices do processamento, bem como o número de pontos homólogos utilizados para cada imagem.

Através dos dados obtidos, e consultando a Figura 14, este trabalho determinou a qualidade da planta cadastral produzida com VANT Phantom 3 Professional,

utilizando sobreposição lateral e longitudinal de 80% como Classe A do PEC para a escala 1:1000. Assim, conclui-se que as imagens podem ser utilizadas para obtenção de medidas de imóveis urbanos na escala referida. Destaca-se como uma vantagem a disponibilidade de utilização imagens de alta resolução, pois consegue-se maior detalhamento na identificação da geometria e característica dos imóveis urbanos, comparando-se com métodos diretos convencionais.

Contudo, sua utilização deve ser avaliada conforme a precisão e acurácia necessária ao arquivo digital, que dependem da escala utilizada e a finalidade do produto. Logo, cabe ao usuário determinar o nível de qualidade mínimo aceitável compatível com seu projeto de engenharia, de modo a não rejeitar desnecessariamente produtos de classe B ou C.

Finalmente, sugere-se, a partir deste estudo, avaliar a comparação da planta cadastral obtida de VANT comparada a um levantamento topográfico eletrônico, com estação total, segundo a NBR 13.133. Outra variação possível seria utilizar voos com altitudes menores, obtendo menor GSD, e avaliar o efeito gerado na qualidade final da planta cadastral.

O estudo da sobreposição lateral e longitudinal também são informações que influenciam diretamente na qualidade do processamento, formando pontos homólogos e que podem tornar acessível ou inviabilizar o custo de um levantamento. Sugere-se avaliar e determinar a combinação ótima para a escala de 1:1000, e também em áreas de topografia irregular. Além disso, sugere-se a análise de pontos que não tenham sido utilizados para o processamento do mosaico georreferenciado, uma vez que os pontos utilizados podem causar um erro sistemático no georreferenciamento das imagens.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de levantamento topográfico: NBR 13133.** Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento: NBR 14166.** Rio de Janeiro, 1998.

BRASIL, Decreto Nº 89.817 de 20 de junho de 1984. **Normas Técnicas da Cartografia Nacional.** Brasília. Diário Oficial da União, 1984.

Bonilla, RICARDO J. **Cadastro técnico multifinalitário como base para a requalificação urbana: estudo de caso rpa1 – recife/PE.** Pernambuco, 2012.

Coelho, L.; Brito, Jorge N. **Fotogrametria Digital.** Rio de Janeiro, 2007.

Cunha, Alexandre A.; Dias, John H.; Júnior, Mauro J. A.; Elias, Elias N. N.; Fernandes, Vivian O. **Controle de qualidade posicional de ortofoto gerada pelo RPA (Remotely Piloted Aircraft) Phantom 3 com receptor GNSS embarcado.** Universidade Federal da Bahia, 2015.

Erba, D.A.; Sesser, Miguel A. **Aplicaciones del Catastro Multifinalitario en la Definición de Políticas de Desarrollo Urbano en Latinoamérica.** Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica. Bogotá, Colombia. Disponível em: http://www.catastrolatino.org/documentos/bogotanov2005/ponencia_Instituto_Lincoln.pdf Acessado em: março de 2017.

Erba, Diego A.; Oliveira, Fabrício L.; Júnior, Pedro N. L. **Cadastro multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana.** Rio de Janeiro, 2005.

Júnior, Leomar R. A.; Cortês, João B. R.; Ferreira, Manuel E. **Validação de mosaicos aerofotogramétricos utilizando fotografias obtidas com câmara digital não métrica aclopada a um vant.** Universidade Federal de Goiás, 2015.

Loch, Carlos; Erba, Diego A. **Cadastro Técnico Multifinalitário rural e urbano.** Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.



OLIVEIRA, Francisco Henrique. **Manual de Apoio – CTM: Diretrizes Para Criação, Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário no Municípios Brasileiros.** Brasília, 2010;


Pereira, Camisa C. **A importância do cadastro técnico multifinalitário para elaboração de planos diretores.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

Zaidan, RICARDO T. **Fotointerpretação e sensoriamento remoto.** Universidade Federal do Juiz de Fora, 2009.

4 ANEXOS

ANEXO A - Certidão de cadastro de aeronave não tripulada

	<p>REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL</p> <p>AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY</p>	
---	---	--

CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO NÃO RECREATIVO UNMANNED AIRCRAFT REGISTER CERTIFICATE – NON-RECREATIONAL	
<p>Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até 03/05/2019, salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira.</p> <p><i>This Register Certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid until 05/03/2019, unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.</i></p> <p>Operador (Operator) JOAO VITOR HUBNER DE LARA</p> <p>CPF (document): 026.835.050-78</p>	<p>Nº do cadastro (Register Number): PP-909795530</p> <p>Uso (Purpose): não recreativo (non-recreational) Ramo de atividade (Business): Aerolevantamento - Aerofotogrametria Fabricante (Maker): DJI Modelo (Model): Phantom 3 Nº de série (Serial Number): W323B Peso máximo de decolagem (MTOW): 1,50 kg Foto (Picture):</p> 
<p>O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator.</p>	<p>Informações adicionais (additional information):</p>
<p>O detentor desta certidão de cadastro (o operador) é considerado apto pela ANAC a realizar voos recreativos e não recreativos no Brasil, com a aeronave não tripulada acima identificada, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes.</p> <p><i>The holder of this register certificate (the operator) is considered apt by Brazilian Civil Aviation Authority to perform recreational and non-recreational flights in Brazil, using the above identified unmanned aircraft, in conformity with the applicable regulations of Brazilian Civil Aviation Authority. It's the operator's responsibility to take the necessary actions to ensure a safe operation, as well as know and comply with the regulations of air traffic control (ATC), telecommunications, and other competent authorities</i></p>	
<p>A validade desta certidão pode ser verificada pelo link https://sistemas.anac.gov.br/SISANT/Aeronave/ConsultarAeronave</p>	
<p>Local e data da emissão (Place and date of issue) Brasília, 3 de maio de 2017 <i>Brasília, May 3rd, 2017</i></p>	
<p>Esta certidão de cadastro não é válida para aeronaves não tripuladas acima de 25 kg de peso máximo de decolagem, ou em voos além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés ou 120 metros acima do nível do solo (AGL). <i>This register certificate is not valid for unmanned aircraft of more than 25 kg maximum takeoff weight, or flying beyond visual line of sight (BVLOS) or over 400 feet or 120 meters above ground level (AGL).</i></p>	